

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2018.02.009

镶嵌在火山口的“宝石”——神奇的玛珥湖

李响^{1,2}, 张宗言¹, 张捷钰¹

(1.中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205; 2.中国地质调查局花岗岩成岩成矿地质研究中心, 武汉 430205)

中图分类号: P583

文献标识码: E

文章编号: 1007-3701(2018)02-168-005

初识玛珥湖

在我们的印象里,火山可能像富士山那样有着标志性的高耸火山锥,亦或黄石公园的超级火山那样尽管表面平缓,却孕育着活动岩浆,随时可能喷涌而出。但还有更为神奇的是,当地下水遇到岩浆,变成蒸汽,加热膨胀,炸裂形成凹陷大坑,并由火山碎屑及冷凝岩浆形成绕其一周的低矮岩环,这便是奇特的玛珥火山。玛珥火山作用形成的湖泊即为玛珥湖。玛珥(Maar)一词来源于拉丁文“mare”,意指沼泽或湖,是德国莱茵地区居民对当地一些小的圆形湖泊、沼泽的称呼。

玛珥湖的特点

玛珥湖多呈圆形,直径一般200~300 m,周围的火山口壁一般在几米到几十米高,顶部比较平缓。湖水清澈平静,水深数十米。玛珥湖作为小型封闭湖泊,水位平衡受控于自然降水与蒸发,湖底平坦,湖水一般比较深,深度/湖面积比值较一般湖泊大,能有效避免风浪干扰,形成相对稳定的水体,深水的物理化学条件以及还原的底层水条件,有利于原生沉积纹层的发育和保存,提供连续的高分辨率古气候、古环境记录^[1]。另外,玛珥湖与火山作用密切相关,易于确定其形成时代。关于中国湛江的湖光岩玛珥湖还有许多神奇之处:如湖水旱不干、涝不溢、水位在一定范围内波动;湖水有很强的自我净化能力;湖滨有大量的树叶落入湖中,却又消失得无影无踪;湖中无蛇、无蛙、无蚂蟥等。这些都为玛珥湖增添了一份神秘,激励着科研人员去探索。

玛珥湖的分布

世界上的玛珥湖主要分布在德国西部艾费尔高原、阿拉斯加的苏厄德半岛和阿拉斯加半岛、加拿大中西部的金伯利岩地区(尤其是不列颠哥伦比亚省的中东部)、美国西南部的墨西哥和得克萨斯、南美巴塔哥尼亚高原等地,另外在亚洲、非洲和大洋洲也有少量分布(图1)。

典型玛珥湖特征

德国西部艾费尔火山区的火山活动始于45 Ma左右,有两次大的火山喷发旋回。其中,第二次的火山喷发旋回开始于1Ma之前,直到1万年前还在活动。这次喷发形成了艾费尔地区现在的地貌景观。目前艾费尔火山区大约有75个玛珥湖,其中9个玛珥湖仍然充满了水。无论是有水的湿玛珥还是无水的干玛珥,都保存非常完好。湖泊沉积物揭示出,从15万年前至今,湖内不断有物质堆积下来,这些沉积物是中欧气候、植被和地质环境的忠实记录者。此外还在埃克费尔德湖中发现了4300万年前的化石,如怀孕的原始马和已知最老的蜜蜂^[2],具有十分重要的科研价值。

美国阿拉斯加最西端的苏厄德半岛北部沿海一带玛珥湖密集分布,其中包括世界上最大的玛珥湖——魔鬼山湖。附近的北基尔利克湖、南基尔利克湖和白鱼湖,与魔鬼山湖一起统称为魔鬼山湖群或埃斯本山玛珥湖群(图3)。魔鬼山湖总面积约30 km²,深度超过200 m,像一个头朝南的葫芦,中间被一道沙洲分为几乎相隔的南北两部分。北半部较大,

基金项目:中国地质调查局基础地质调查项目(DD20160035)资助。

第一作者:李响(1984—),男,副研究员,从事区域地质调查和新生代火山岩研究。



图3 魔鬼山玛珥湖群分布和魔鬼山湖俯瞰图



图4 圣托里尼(Santorini)的地理位置、俯瞰图和湖畔的特色建筑
ASTER satellite image, 2000 (NASA, <http://eol.jsc.nasa.gov/>)

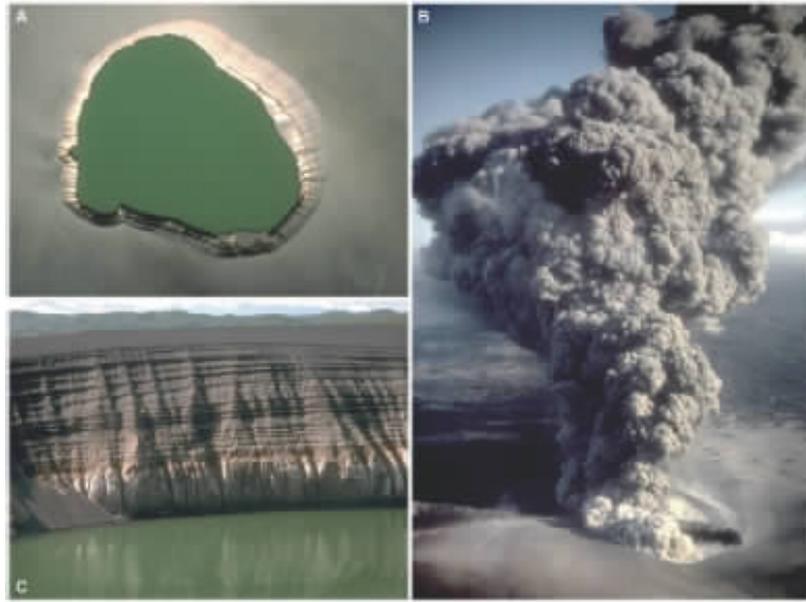


图5 乌金雷克玛珥湖 A俯视图(照片拍摄于1990年);B 1977年4月6日火山喷发时景象;C东南部的火山口壁为喷发形成的15 m厚层状火山碎屑,其下依次为冰碛物和早期火山喷发形成的火山灰流^[6]。

研究玛珥湖形成与火山爆发的关系提供了绝佳的机会。目前,靠东的玛珥湖底还有一个49 m厚的岩浆穹隆,所以随着水份不断下渗,将来可能会发生新的喷发^[5]。

中国有广泛的火山分布,火山锥和火山口数以千计,在各个火山区中几乎都有玛珥湖存在,主要分布在雷琼、东北和青藏高原等地区。

雷琼地区位于中国大陆南端的雷州半岛及海南岛北部。该地区自新生代以来,特别是第四纪以来形成了大面积的玄武岩和近180座火山口及火山锥,其中也包括一些玛珥湖。玛珥湖主要形成于中更新世石岭岭期及晚更新世湖光岩期。石岭岭期的玛珥湖分布于雷州半岛南部的田洋、九斗洋、青桐洋和琼北的罗经盘,这期火山喷发规模大,形成的玛珥湖面积大且较深,沉积物厚达200 m以上,形态往往不很规则,但多数已经干枯成为耕地。湖光岩期形成的玛珥湖有湖光岩和双池岭,与石岭岭期相比,湖面积小、深度小,沉积物的厚度小,但火山机构保存完好,形态标准,封闭性好,多数积水。

湖光岩玛珥湖位于距湛江市区18 km的雷琼世界地质公园内(图6),呈近圆的蚕豆形,湖面高程23 m,湖水面积2.3 km²,最大水深21 m,平均水深约12 m,湖底沉积物最大厚度达400 m。火山碎屑岩环南高北低,最高可达87.6 m,除岩环东北部

坡度较缓外,其余地段均为高10~25 m的陡崖。岩环由玄武质火山碎屑岩和湛江组角砾状岩块组成,碎屑岩占比大于85%,并可见射气喷发作用的沉积构造,如大型交错层理和波状层理等,大约形成于距今15万年前^[1]。2004年10月,湖光岩玛珥湖与德国艾菲尔地区玛珥湖缔结为“姐妹湖”。

龙岗火山区位于我国吉林省东南部的龙岗山脉两侧,界于辉南县和靖宇县境内。该区第四纪火山活动频繁,形成了众多星罗棋布的火山锥和火山口,其中包括8个玛珥湖和2个干玛珥,四海龙湾就是其中一个玛珥湖。“龙湾”实质上是当地人对玛珥湖的一种称谓,当地还有大龙湾、小龙湾、二龙湾、三角龙湾、东龙湾、南龙湾、龙泉龙湾等。龙岗地区玛珥湖可能自中更新世至早全新世均有形成,这些玛珥湖沉积物中发育了年纹层,是中外学者关注的热点地区^[7]。四海龙湾位于靖宇县吊水湖西南8 km处,形态浑圆,直径约750 m,最大水深50 m,水面海拔765 m,四周火山环海拔791 m,主要由火山碎屑岩和玄武质火山熔岩组成^[4]。植被茂盛,水天一色,美不胜收(图7)。

玛珥湖的成因

1921年,德国科学家Steininger从德国西部艾费尔高原第四纪火山区的火山口湖研究开始,初步将玛珥(Maar)定义为一种火山类型,即岩浆蒸汽爆



图6 湖光岩玛珉湖

发形成的火山口,火山口积水成湖即为玛珉湖。早在1993年,Büchel就对艾费尔地区的玛珉湖进行了综合研究,提出玛珉湖是由环形墙、火山口沉积物、火山筒和馈浆通道组成的系统,并概括了玛珉湖发生发展的不同演化阶段^[9]。

玛珉湖区别于一般火山口湖,在于它的发育位置不是在锥状火山口中,而是在低平火山口中。低

平火山口是由于火山射气岩浆喷发(Phreatomagmatic eruption)形成,其形成过程为炽热的地下熔浆在喷发的过程中,遇到了岩层中的地下水,炽热岩浆与地下水混合产生大量蒸汽,在巨大的压力作用下,发生爆炸式火山喷发或称之为射汽岩浆喷发。据测算,15万年前湖光岩玛珉式火山爆发释放的能量是第二次世界大战美国在日本长崎投下的原子弹爆炸能量的100倍。爆炸的过程可能会不断重复,直至岩浆被耗尽或者没有更多的地下水参与为止。经过多次爆炸式喷发后,喷发物堆积在喷出口周围形成低矮的火山碎屑岩环。而喷发中心则成为火山口,直径从几十米到近十公里,深度十几米至上百米。火山口内地势较低,所以往往可以积水成湖,便是玛珉湖(图8)。

地学研究价值

玛珉湖特有的沉积环境为发育和保存长时间尺度、高分辨率的气候和环境记录提供了理想场所,在纹层年代学、火山灰年代学、磁性地层学以及古气候、古环境重建方面都有着重要应用;沉积纹层利于建立精确的年代框架;根据火山灰层成分、年龄、形态和结构特征的一致性可以在不同性质的沉积物之间建立等时面,反映火山活动的历史;古地磁研究有助于区域古地磁场的重建;玛珉湖沉积可以携带长时间尺度的环境变化信息、捕捉快速气候变化事件、记录日益加剧的人类活动影响等^[2]。

中国玛珉湖得天独厚,从热带到寒温带均有分布,为系统研究中国不同气候区各种时间尺度古气候变化规律提供了理想材料。如雷琼地区处于热带亚热带,东临太平洋,南接南海,是东亚季风和西南季风必经之路,也是台风和热带风暴登陆的桥头

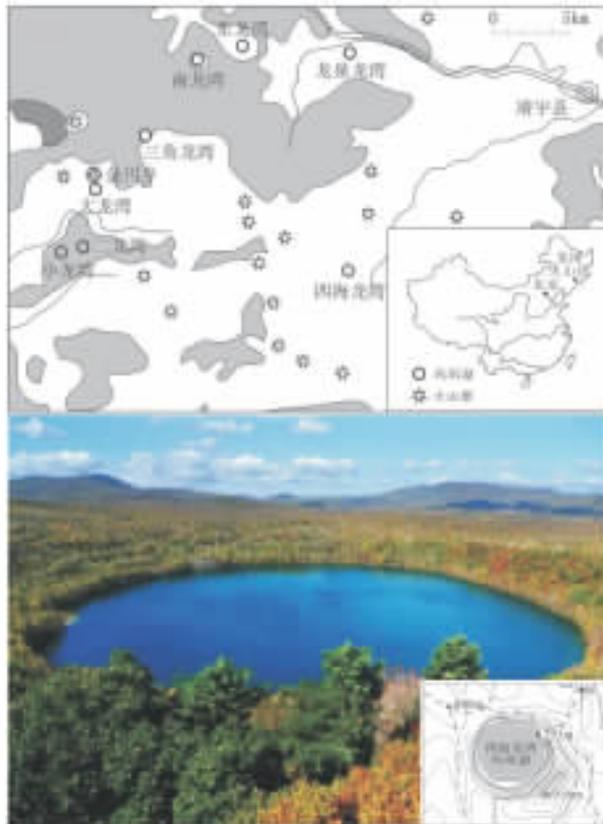


图7 龙岗火山区玛珉湖分布及四海龙湾玛珉湖深秋美景
(修改自刘强等^[8])

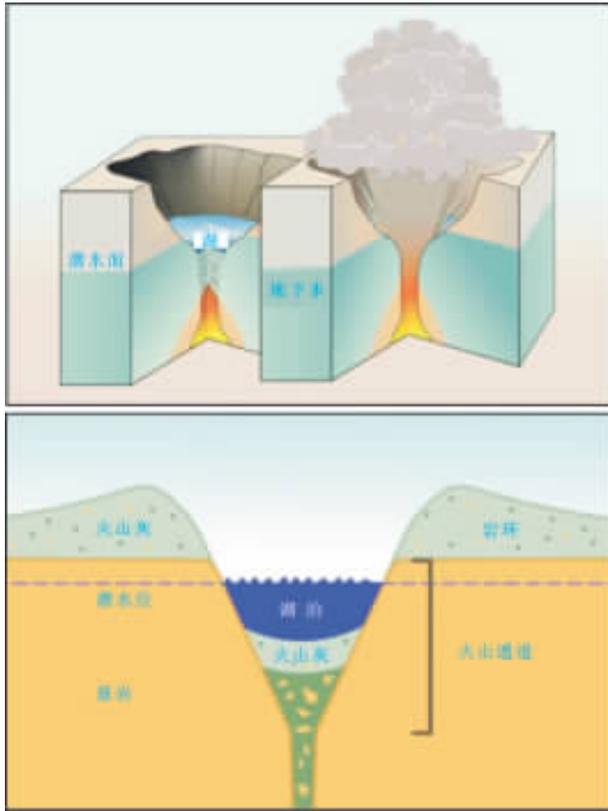


图8 玛珥火山作用示意图:岩浆蒸汽爆发作用及形成的火山通道、围绕火山口的凝灰岩环以及地下水在火山口内形成湖泊(修改自[10])

堡,厄尔尼诺对该地区也有重要影响,这些重要的气候现象和气候事件都可以从玛珥湖的沉积物中找到相应记录^[2,7]。

参考文献:

[1] 刘嘉麒, Negendank J F W, 王文远, 储国强, Mingram J,

郭正府, 骆祥君, 陈锐, 刘东生. 中国玛珥湖的时空分布与地质特征[J]. 第四纪研究, 2000, 20 (1): 78-86.

[2] 刘嘉麒, 伍婧, 储国强, 刘强, 旺罗, Rioual P, 刘嘉丽, 游海涛. 玛珥湖古气候环境研究进展 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2013, 32 (6): 639-650.

[3] Lutz H, Kaulfuss U, Wappler T, Lhnertz W, Wilde V, Mertz D F, Mingram J, Franzen J N, Frankenh user H, Koziol M. Eckfeld maar: window into an Eocene terrestrial habitat in central Europe[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2010, 84 (4): 984-1009.

[4] Surhone L M, Tennoe M T, Henssonow S F. Santorini[M]. Hong Kong: Betascript Publishing, 2010: 1-136.

[5] Surhone L M, Timpledon M, Marseken S .F. Ukinrek Maars [M]. Hong Kong: Betascript Publishing, 2010: 1-92.

[6] Volcanoes of the Alaska Peninsula and Aleutian Islands: A collection of photographs with descriptions by the United States Geological Survey, last accessed January 2017.

[7] 储国强, 刘嘉麒. 中国玛珥湖及其研究意义[J]. 岩石学报, 2018, 34(1): 4-12.

[8] 刘强, 刘嘉麒, 陈晓雨, 游海涛, 储国强, 汉景泰, Mingram J, Schettler G, Negendank J F W. 18.5kaB.P. 以来东北四海龙湾玛珥湖全岩有机碳同位素记录及其古气候环境意义[J]. 第四纪研究, 2005, 25 (6): 711-721.

[9] Buchel G. Maars of the Westeifil , Germany//In: Negendank J F W, Zelitschka B eds. Paleolimnology of European Maar Lakes. Lecture Notes in Earth Sciences 49. Berlin Heideberg: Spring-verlag, 1993: 1-14.

[10] U.S. Geological Survey Fact Sheet 132-98.